

Docket No.: 60188-687

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of : Customer Number: 20277  
: :  
Keizo MIYATA, et al. : Confirmation Number:  
: :  
Serial No.: : Group Art Unit:  
: :  
Filed: October 27, 2003 : Examiner:  
: :  
For: HEAD POSITIONING METHOD, AND DISK APPARATUS USING THE SAME

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claim the priority of:

**Japanese Patent Application No. 2002-312443, filed October 28, 2002**

cited in the Declaration of the present application. A Certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY



Michael E. Fogarty  
Registration No. 36,139

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 MEF:prg  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: October 27, 2003**

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

60188-687  
Miyata et al.  
October 27, 2003  
McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年 1 0 月 2 8 日  
Date of Application:

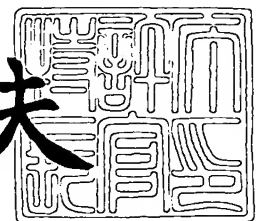
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 3 1 2 4 4 3  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 3 1 2 4 4 3 ]

出 願 人                      松下電器産業株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    7 月 2 3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 8 4 8 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 2037240062

【提出日】 平成14年10月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 21/10

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

    【氏名】 宮田 敬三

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

    【氏名】 稲治 利夫

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

    【氏名】 高祖 洋

【特許出願人】

    【識別番号】 000005821

    【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100097445

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

    【識別番号】 100103355

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 坂口 智康

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ヘッド位置決め制御方法およびこれを用いたディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転駆動されるディスクに対して情報の記録・再生を行うヘッドの位置決めを、前記ディスクの全体にわたるストロークを有する粗動アクチュエータと、ストロークの小さい微動アクチュエータとを備えたヘッド支持機構を用いて行うヘッド位置決め制御方法であって、

前記ディスクに一定角度間隔であらかじめ記録されているサーボ情報を前記ヘッドにより検出して得たヘッド位置信号と目標位置信号とから位置誤差信号を生成し、

前記粗動アクチュエータを駆動するための第 1 の駆動信号と前記粗動アクチュエータの駆動に伴って発生する電圧信号とから、前記粗動アクチュエータの駆動によって変位したヘッド位置を推定して生成した第 1 のヘッド位置推定信号と、前記微動アクチュエータを駆動するための第 2 の駆動信号から前記微動アクチュエータの変位を推定して生成した変位推定信号とを加算することによって第 2 のヘッド位置推定信号を生成し、前記第 2 のヘッド位置推定信号と前記目標位置信号とから位置誤差推定信号を生成し、

生成された前記位置誤差信号あるいは前記位置誤差推定信号の少なくとも一方を用いて、前記第 1 の駆動信号および前記第 2 の駆動信号をそれぞれ生成することを特徴とするヘッド位置決め制御方法。

【請求項 2】 前記サーボ情報を前記ヘッドにより検出し得る時刻においては、前記位置誤差信号に基づいて、前記第 1 の駆動信号および前記第 2 の駆動信号をそれぞれ生成し、前記サーボ情報を前記ヘッドにより検出し得ない時刻においては、前記位置誤差推定信号に基づいて、前記第 1 の駆動信号および前記第 2 の駆動信号をそれぞれ生成することを特徴とする請求項 1 に記載のヘッド位置決め制御方法。

【請求項 3】 前記第 1 の駆動信号と、前記粗動アクチュエータの駆動に伴って発生する電圧信号とから、前記ヘッド支持機構に加わる外乱の大きさを推定して得られる外乱推定信号により外乱補償信号を生成し、前記第 1 の駆動信号が前

記外乱補償信号を外乱補償手段でさらに合成して生成されることを特徴とする請求項 1 に記載のヘッド位置決め制御方法。

【請求項 4】 前記第 1 のヘッド位置推定信号が、前記サーボ情報を前記ヘッドにより検出して得た前記ヘッド位置信号に基づいて逐次補正されることを特徴とする請求項 1 に記載のヘッド位置決め制御方法。

【請求項 5】 前記微動アクチュエータは、前記第 2 の駆動信号に略比例した変位を発生する薄膜圧電体により構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のヘッド位置決め制御方法。

【請求項 6】 回転駆動されるディスクに対して情報の記録・再生を行うヘッドを位置決めするための、前記ディスクの全体にわたるストロークを有する粗動アクチュエータと、ストロークの小さい微動アクチュエータとを備えたヘッド支持機構と、

前記粗動アクチュエータを駆動するための第 1 の駆動手段と、前記粗動アクチュエータの駆動に伴って発生する電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記第 1 の駆動手段に入力される第 1 の駆動信号と前記電圧信号とから前記粗動アクチュエータの駆動によって変化した前記ヘッドの位置を推定して第 1 のヘッド位置推定信号を生成する第 1 の推定手段と、

前記微動アクチュエータを駆動するための第 2 の駆動手段と、前記第 2 の駆動手段に入力される第 2 の制御信号から前記微動アクチュエータの変位を推定して変位推定信号を生成する第 2 の推定手段と、

前記第 1 のヘッド位置推定信号と前記変位推定信号とを加算して、第 2 のヘッド位置推定信号を生成する加算手段と、

前記ディスクに一定角度間隔であらかじめ記録されているサーボ情報を前記ヘッドにより検出して得たヘッド位置信号、あるいは、前記第 2 のヘッド位置推定信号から、前記ヘッドの目標位置に対する位置誤差信号を生成する位置誤差生成手段と、

前記位置誤差信号に基づいて、前記第 1 の駆動信号を生成するための第 1 の制御手段と、前記第 2 の駆動信号を生成するための第 2 の制御手段とを具備していることを特徴とするディスク装置。

【請求項 7】 前記位置誤差生成手段は、前記サーボ情報を前記ヘッドにより検出し得る時刻においては、前記ヘッド位置信号と前記目標位置信号とから前記位置誤差信号を生成し、前記サーボ情報を前記ヘッドにより検出し得ない時刻においては、前記第 2 のヘッド位置推定信号と前記目標位置信号とから前記位置誤差信号を生成するように構成したことを特徴とする請求項 6 に記載のディスク装置。

【請求項 8】 前記第 1 の推定手段が、前記第 1 の駆動信号と、前記電圧信号とから、前記粗動アクチュエータに加わる外乱の大きさを推定して外乱補償信号をさらに生成するように構成され、前記第 1 の駆動信号に前記外乱補償信号をさらに合成するための外乱補償手段が具備されていることを特徴とする請求項 6 に記載のディスク装置。

【請求項 9】 前記第 1 の推定手段が、前記サーボ情報を前記ヘッドにより検出して得た前記ヘッド位置信号に基づいて、前記第 1 のヘッド位置推定信号を逐次補正するように構成されていることを特徴とする請求項 6 に記載のディスク装置。

【請求項 10】 前記微動アクチュエータが、前記第 2 の駆動信号に略比例した変位を発生する薄膜圧電体により構成されていることを特徴とする請求項 6 に記載のディスク装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気ヘッドや光ピックアップなどが有する記録／再生ヘッドを、粗動アクチュエータおよび微動アクチュエータにより、記録媒体であるディスクの目標トラックの所望の位置へ高精度に位置決めを行うための制御方法、およびこれを用いたディスク装置に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

近年、磁気ディスク装置は、小型化、大容量化が急速に進んでいる。磁気ディスク装置の大容量化については、高トラック密度化が進み、トラックピッチはさ

らに狭くなる傾向にある。そのため、磁気ディスクにデータを記録再生するため、狭い同心円状のトラックに磁気ヘッドを高い精度で位置決めすることが必要になってきている。

#### 【0003】

通常、磁気ヘッドは磁気ディスク装置内に設けられたヘッド支持機構によって支持されている。図9は従来のヘッド支持機構の構成の一例を示す平面図である。回転駆動される磁気ディスク101に対するデータの記録／再生を行う磁気ヘッド102は、サスペンションアーム（支持アームとも言う）103の一端に支持されている。サスペンションアーム103の他方の端部は、キャリッジ（ベースアームとも言う）104の一端に支持されている。キャリッジ104は、磁気ディスク装置のハウジングに対して固定されている回転軸受105によって、回転可能に支持されている。

#### 【0004】

キャリッジ104の他方の端部には、ボイスコイルモータ（VCMとも言う）を構成するコイル106が固定されている。ハウジングにはマグネット107で構成された磁気回路が固定されており、コイル106に流れる励磁電流を制御することにより、キャリッジ104が回転軸受105に対して回転する。これにより、サスペンションアーム103の一端に支持されている磁気ヘッド102が、磁気ディスク101の実質的な半径方向に沿って移動することができる。

#### 【0005】

そして、磁気ヘッドの位置決め制御においては、磁気ディスクに一定の角度間隔であらかじめ記録されているサーボ情報を磁気ヘッドが読み取ることにより、磁気ヘッドのトラック位置情報を検出している。磁気ディスクの回転速度と、トラック1周あたりに記録されているサーボ情報の数（サーボセクタ数）により決まるサンプリング周期で、磁気ヘッドがトラック位置情報を検出して、目標トラックに対する磁気ヘッドの位置誤差を示す位置誤差信号を生成し、この位置誤差信号の大きさが最小となるように、磁気ヘッドは位置決め制御されている。

#### 【0006】

また、磁気ヘッドを高精度に位置決め制御するには、サンプリング周期を短く



して磁気ヘッドの位置決め制御系の制御周波数を高くする必要がある。しかし、図9に示したようなヘッド支持機構においては、高次の固有機械共振が存在する場合があります、位置決め精度を高めるために制御周波数を高く設定すると、その固有機械共振により位置決め制御系が不安定になったり、ボイスコイルモータ（VCM）によりキャリッジを回動させて磁気ヘッドを位置決めする従来のヘッド支持機構の構成では、より高精度な位置決め制御が難しかった。

#### 【0007】

このような点への対策として、ヘッド支持機構にさらに微動アクチュエータを組み込み、ボイスコイルモータと併用することで高精度の磁気ヘッド位置決めを実現する、いわゆる「2段アクチュエータ」技術が数多く提案されている。例えば、微小変位が可能で高い固有共振点を持つ薄膜圧電素子を微動アクチュエータに用いた方法（例：特開2001-216748号公報、特開2002-134807号公報）や、微動アクチュエータとボイスコイルモータを併用して磁気ヘッドの位置決め制御を行うためのサーボ技術（例：特許第3089709号公報）等の数多くの対策提案である。

#### 【0008】

一方、近年の磁気ディスク装置の小型化に伴い、ヘッド支持機構を支持する回転軸受における摩擦力や、ヘッド支持機構と回路基板とを接続するフレキシブルプリント基板の弾性力といった外乱が、磁気ヘッドの位置決め精度を悪化させる要因となっている。このため、外乱を補償して位置決め精度を向上させるために、磁気ディスクに記録されたサーボ情報からヘッド位置信号を得て、このヘッド位置信号とボイスコイルモータの駆動信号とを入力とする外乱推定手段により、外力を補償する位置決め制御方法が提案されている（例：特開平9-231701号公報）。

#### 【0009】

##### 【特許文献1】

特開2001-216748号公報（第3頁、第1図）

##### 【特許文献2】

特開2002-134807号公報（第4頁-第5頁、第1図）

**【特許文献 3】**

特許第 3089709 号公報（第 4 頁－第 5 頁、第 4 図）

**【特許文献 4】**

特開平 9-231701 号公報（第 4 頁－第 6 頁、第 1 図－第 4 図）

**【0010】****【発明が解決しようとする課題】**

上記の従来技術において説明した 2 段アクチュエータ構成により磁気ヘッドの高精度位置決め制御を実現するためには、磁気ヘッドの位置決め制御系の制御周波数を高く設定して、微動アクチュエータの高応答性能を最大限に発揮させることが重要である。しかしながら、制御周波数を高くするためには、サーボ情報のサンプリング周期を短くする必要がある。そのためには、サーボセクタ数を増やしてサーボ情報を磁気ディスクにより多く記録しておく必要があり、結果としてデータフォーマット効率が低下するという課題があった。

**【0011】**

また、上述のサーボ情報からヘッド位置信号を得て、外乱を補償し位置決め精度を向上させる技術においては、サーボ情報から得たヘッド位置信号と、ボイスコイルモータの駆動信号とからヘッド支持機構に作用する外乱を推定して外力を補償するが、外乱を推定できる帯域はサーボ情報のサンプリング周期で制限されて、外力を良好に補償することができないという課題があった。

**【0012】**

本発明は、これらのような課題を解決するためになされたものであり、サーボセクタ数を増やしてデータフォーマット効率を低下させることなく、ヘッドの高精度位置決めを行う方法および信頼性の高いディスク装置を提供することを目的とする。

**【0013】****【課題を解決するための手段】**

上記目的を達成するために、本発明の構成によるヘッドの位置決め制御方法は、ディスクの全体にわたるストロークを有する粗動アクチュエータと、ストロークの小さい微動アクチュエータを備えたヘッド支持機構を用いて行われるもので

あって、ディスクに一定角度間隔であらかじめ記録されているサーボ情報をヘッドにより検出して得たヘッド位置信号と目標位置信号とから位置誤差信号を生成し、粗動アクチュエータを駆動するための第1の駆動信号と粗動アクチュエータの駆動に伴って発生する電圧信号とから、粗動アクチュエータの駆動によって変化したヘッド位置を推定して生成した第1のヘッド位置推定信号と、微動アクチュエータを駆動するための第2の駆動信号から微動アクチュエータの変位を推定して生成した変位推定信号を加算することによって第2のヘッド位置推定信号を生成し、第2のヘッド位置推定信号と目標位置信号とから位置誤差推定信号を生成し、位置誤差信号と位置誤差推定信号の少なくとも一方を用いて、第1の駆動信号および第2の駆動信号をそれぞれ生成する構成を有している。さらに、この際、サーボ情報をヘッドにより検出し得る時刻においては、位置誤差信号に基づいて第1の駆動信号および第2の駆動信号をそれぞれ生成し、サーボ情報をヘッドにより検出し得ない時刻においては、位置誤差推定信号に基づいて第1の駆動信号および第2の駆動信号をそれぞれ生成する構成であることが好ましい。

#### 【0014】

これらの構成により、位置誤差信号はサーボ情報のサンプリング周期で生成されるものであるが、位置誤差推定信号はサーボ情報のサンプリング周期に関係なく生成することができる。従って、サーボ情報がサンプリングできる時刻においては、位置誤差信号によってヘッドの位置決め制御を行い、サーボ情報がサンプリングできない時刻においては位置誤差推定信号によってヘッドの位置決め制御を行うように構成することができる。実質的にサーボセクタ数を増やすことなくサンプリング周期を短くすることになり、ヘッド位置決め制御系の制御周波数を高く設定することが可能になる。結果として、データフォーマット効率を低下させることなく、高精度のヘッド位置決め制御を実現することができる。

#### 【0015】

また、本発明のヘッド位置決め制御方法は、粗動アクチュエータを駆動させるための第1の駆動信号と、粗動アクチュエータの駆動に伴って発生する電圧信号とから、ヘッド支持機構に加わる外乱の大きさを推定して得られる外乱推定信号により外乱補償信号を生成し、第1の駆動信号が外乱補償信号を外乱補償手段で

さらに合成するように構成されていることが好ましい。この構成により、ヘッド支持機構に加わる軸受摩擦や慣性力などの外乱を補償することができ、ヘッド位置決め精度を向上させることが可能になる。

#### 【0016】

また、本発明のヘッド位置決め制御方法は、第1のヘッド位置推定信号が、サーボ情報を前記ヘッドにより検出して得たヘッド位置信号に基づいて逐次補正するように構成されていることが好ましい。この構成により、粗動アクチュエータの駆動によって変化したヘッド位置の推定をより正確に行うことが可能になる。

#### 【0017】

さらに、上記のヘッド位置決め制御方法は、第2の駆動信号で駆動される微動アクチュエータが、第2の駆動信号に略比例した変位を発生する薄膜圧電体により構成されていることが好ましい。微動アクチュエータの変位が駆動信号に対して略比例していることにより、微動アクチュエータの変位を推定した変位推定信号を、容易かつ正確に生成することが可能になる。

#### 【0018】

また、上記目的を達成するために、本発明のディスク装置は、回転駆動されるディスクに対して情報の記録・再生を行うヘッドを位置決めするための、ディスク全体にわたるストロークを有する粗動アクチュエータと、ストロークの小さい微動アクチュエータとを具備しており、粗動アクチュエータを駆動するための第1の駆動手段と、粗動アクチュエータの駆動に伴って発生する電圧信号を出力する電圧検出手段と、第1の駆動手段に入力される第1の駆動信号と電圧信号とから粗動アクチュエータの駆動によって変化したヘッドの位置を推定して第1のヘッド位置推定信号を生成する第1の推定手段と、微動アクチュエータを駆動するための第2の駆動手段と、第2の駆動手段に入力される第2の制御信号から微動アクチュエータの変位を推定して変位推定信号を生成する第2の推定手段と、第1のヘッド位置推定信号と変位推定信号とを加算して第2のヘッド位置推定信号を生成する加算手段と、ディスクに一定角度間隔であらかじめ記録されているサーボ情報をヘッドにより検出して得たヘッド位置信号あるいは第2のヘッド位置推定信号を入力としてヘッドの目標位置に対する位置誤差信号を生成する位置誤

差生成手段と、位置誤差信号に基づいて第1の駆動信号を生成するための第1の制御手段と、位置誤差信号に基づいて第2の駆動信号を生成するための第2の制御手段とを具備している構成を有する。さらに、この際、位置誤差生成手段は、サーボ情報をヘッドにより検出し得る時刻においてはヘッドにより検出して得たヘッド位置信号と目標位置信号とから位置誤差信号を生成し、サーボ情報をヘッドにより検出し得ない時刻においては第2のヘッド位置推定信号と目標位置信号とから位置誤差信号を生成するように構成することが好ましい。

#### 【0019】

これらの構成により、位置誤差生成手段は、サーボ情報をヘッドにより検出して得たヘッド位置信号と、第2のヘッド位置推定信号とを入力として、目標位置に対する位置誤差信号を生成する。第2のヘッド位置推定信号は、粗動アクチュエータの駆動によって変化したヘッドの位置を推定した第1のヘッド位置推定信号と、微動アクチュエータの変位を推定した変位推定信号とを加算したものであり、サーボ情報のサンプリング周期に関係なく生成することができる。従って、サーボ情報がサンプリングできる時刻においては、サーボ情報をヘッドにより検出して得たヘッド位置信号を用いて位置誤差信号を生成し、サーボ情報がサンプリングできない時刻においては、第2のヘッド位置推定信号を用いて位置誤差信号を生成するように位置誤差検出手段を構成することができる。実質的にサーボセクタ数を増やすことなくサンプリング周期を短くすることになり、ヘッド位置決め制御系の制御周波数を高く設定することが可能になる。結果として、データフォーマット効率を低下させることなく、高精度のヘッド位置決め制御を実現して、信頼性の高いディスク装置を提供することができる。

#### 【0020】

また、本発明のディスク装置は、第1の推定手段が、第1の駆動信号と、電圧信号とから、粗動アクチュエータに加わる外乱の大きさを推定して外乱補償信号をさらに生成するように構成され、第1の駆動信号に外乱補償信号をさらに合成するための外乱補償手段が具備されている構成を有することが好ましい。この構成により、ヘッド支持機構に加わる軸受摩擦や慣性力などの外乱を補償することができ、ヘッド位置決め精度を向上させることが可能になる。

**【 0 0 2 1 】**

また、本発明のディスク装置においては、第 1 の推定手段が、サーボ情報をヘッドにより検出して得たヘッド位置信号に基づいて、第 1 のヘッド位置推定信号を逐次補正するように構成されていることが好ましい。この構成により、粗動アクチュエータの駆動によって変化したヘッド位置の推定をより正確に行うことが可能になる。

**【 0 0 2 2 】**

さらに、本発明のディスク装置は、微動アクチュエータが、第 2 の駆動信号に略比例した変位を発生する薄膜圧電体により構成されていることが好ましい。微動アクチュエータの変位が第 2 の駆動信号に対して略比例していることにより、微動アクチュエータの変位を推定した変位推定信号を、容易かつ正確に生成することが可能になる。

**【 0 0 2 3 】****【発明の実施の形態】**

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳しく説明する。

**【 0 0 2 4 】**

図 1 は、本発明の実施の形態における磁気ディスク装置の主要部の構成を示すブロック図である。図 1 において、磁気ディスク 1 はスピンドルモータ（図示せず）により回転される。スライダ 2 には磁気ヘッド 2 a が搭載されており、磁気ディスク 1 に対してデータの記録／再生を行う。スライダ 2 はサスペンションアーム 3 の一端に支持されている。サスペンションアーム 3 の他方の端部は、キャリッジ 4 の一端に支持されている。キャリッジ 4 は、磁気ディスク装置のハウジング（図示せず）に対して固定されている回転軸受 5 によって、回転可能に支持されている。

**【 0 0 2 5 】**

図 6 に示すように、サスペンションアーム 3 には、2 枚の薄膜圧電体 7 a および 7 b で構成された微動アクチュエータ 7 が搭載されており、薄膜圧電体に印加する電圧を制御することにより、スライダ 2 を微小に変位させることができるよう構成されている。なお、図 6 は、スライダ 2、サスペンションアーム 3、微動

アクチュエータ 7 等からなるサスペンション 9 を磁気ディスク 1 側から見た斜視図で示している。サスペンションアーム 3 は基端部 3 a において、キャリッジ 4 と溶接などによって固定される。サスペンションアーム 3 には、磁気ヘッド配線パターンおよび薄膜圧電体用配線パターンを有するフレクシャ 3 c が設けられ、フレクシャ 3 c はフレクシャ基板 3 b 上にパターン化されている。

#### 【0026】

図 7 は、フレクシャ 3 c と、フレクシャ基板 3 b、およびスライド保持基板 3 d のスライド取付部分を拡大して示した組立て斜視図である。フレクシャ 3 c のスライド取付部 3 h の、スライド取付側の反対側には、スライド保持基板 3 d が貼り付けられている。スライド保持基板 3 d には突起部 3 e が形成され、この突起部 3 e は、サスペンションアーム 3 の先端部に形成されているディンプル（図示せず）に当接するようになっている。フレクシャ 3 c には、図 6 に示すように、さらに、薄膜圧電体 7 a および 7 b が接着されている。

#### 【0027】

図 8 は薄膜圧電体 7 a、7 b を駆動させたときのスライド 2 の回動動作を説明する図である。薄膜圧電体 7 a が A の方向に伸び、薄膜圧電体 7 b が B の方向に収縮すると、スライド 2 およびスライド保持基板 3 d は、スライド保持基板 3 d に形成された突起部 3 e に当接するディンプルを中心に矢印 C の方向に回動する。従って、スライド 2 に設けられている磁気ヘッド 2 a は、磁気ディスク 1 の半径方向に移動することができる。弾性ヒンジ部 3 f、3 g の幅は磁気ヘッド配線パターンを形成するのに十分な寸法を有しているが、スライド 2 の回動における負荷が小さくなるよう幅をなるべく小さくしてある。そのため、スライド 2 は薄膜圧電体 7 a、7 b の変位によって確実に回動する。

#### 【0028】

ボイスコイルモータ（VCM）6 は、磁気回路を形成するコイル 6 a とマグネット 6 b で構成されている。コイル 6 a は、キャリッジ 4 の他方の端部に、また、マグネット 6 b はハウジングに固定されており、コイル 6 a に通電される電流が作る磁界と磁気回路が発生する磁束との相互作用により、キャリッジ 4 は回転力を受ける。従って、コイル 6 a に印加する電流を制御することにより、磁気ヘ

ッド 2 a を搭載したスライダ 2 を、磁気ディスク 1 の実質的な半径方向に沿って移動させることができる。

#### 【0029】

上記のスライダ 2、サスペンションアーム 3、キャリッジ 4、回転軸受 5、ボイスコイルモータ 6、微動アクチュエータ 7 によりヘッド支持機構 8 を構成している。次に、このヘッド支持機構 8 により、スライダ 2 に搭載された磁気ヘッド 2 a を磁気ディスク 1 上の目標位置へ位置決めを行うための制御系について、その全体構成を説明する。

#### 【0030】

図 1 において、第 1 駆動器 11 は、ボイスコイルモータ駆動信号  $u_1$  に対応した駆動電流  $I_a$  をコイル 6 a に通電して、ボイスコイルモータ 6 を駆動する。第 1 駆動器 11 に含まれる電圧検出手段としての電圧検出器 12 は、ボイスコイルモータ 6 の駆動に伴ってコイル 6 a の両端に発生する電圧を検出し、電圧信号  $V_a$  を出力する。第 1 推定器 13 は、電圧検出器 12 の出力する電圧信号  $V_a$  と、第 1 駆動器 11 の入力であるボイスコイルモータ駆動信号  $u_1$  とから、ヘッド支持機構 8 に作用する外乱トルクを推定し、外乱推定信号  $\tau_{dest}$  を出力するとともに、ボイスコイルモータ 6 を駆動したことにより変位した磁気ヘッド 2 a の位置を推定し、第 1 のヘッド位置推定信号  $x_{1est}$  を出力する。

#### 【0031】

第 2 駆動器 14 は、微動アクチュエータ制御信号  $c_2$  に対応した駆動電圧  $V_p$  を微動アクチュエータ 7 に印加する。第 2 推定器 15 は、微動アクチュエータ制御信号  $c_2$  から、微動アクチュエータ 7 を駆動したことによる磁気ヘッド 2 a の変位を推定し、変位推定信号  $x_{2est}$  を出力する。加算器 16 は、第 1 推定器 13 で出力された第 1 のヘッド位置推定信号  $x_{1est}$  と、第 2 推定器 15 から出力された変位推定信号  $x_{2est}$  を加算して、第 2 のヘッド位置推定信号  $x_{est}$  を出力する。

#### 【0032】

磁気ディスク 1 にはあらかじめサーボ情報としてトラックの位置信号が一定角度間隔で記録されており、この位置信号は磁気ヘッド 2 a により一定のサンプリ



ング周期で読み込まれる。位置誤差検出器 17 は、磁気ヘッド 2a により読み込まれたヘッド位置信号  $x$  および第 2 のヘッド位置推定信号  $x_{est}$  を入力として、目標トラックの目標位置  $r$  との差を示す位置誤差信号  $e$  を生成する。

#### 【0033】

第 1 制御器 18 は、位置誤差検出器 17 で生成された位置誤差信号  $e$ 、および第 2 推定器 15 から出力された変位推定信号  $x_{2est}$  を入力として、ボイスコイルモータ制御信号  $c_1$  を生成する。ボイスコイルモータ制御信号  $c_1$  は、外乱補償器 10 に入力され、第 1 推定器 13 で生成された外乱推定信号  $\tau_{dest}$  と合成されて、ボイスコイルモータ駆動信号  $u_1$  が生成される。また、第 2 制御器 19 は、位置誤差検出器 17 で生成された位置誤差信号  $e$  を入力として、微動アクチュエータ制御信号  $c_2$  を生成する。

#### 【0034】

続いて、本実施の形態の磁気ディスク装置の位置決め制御系の動作について、図 2～5 を用いて説明する。なお、図 2 および図 3 において、 $s$  はラプラス演算子を示している。また、図 2、図 3、および図 4 において、サーボ情報のサンプリングによるホールド要素については、説明を簡単にするため、これを省略してある。

#### 【0035】

図 2 は、本実施の形態の磁気ディスク装置における位置制御系の構成のうち、第 1 駆動器 11、電圧検出器 12、第 1 推定器 13、外乱補償器 10 の各要素を合わせて説明するブロック線図である。第 1 制御器 18 より生成されたボイスコイルモータ制御信号  $c_1$  は、外乱補償器 10 を経由してボイスコイルモータ駆動信号  $u_1$  になる。外乱補償器 10 の動作については後述する。ボイスコイルモータ駆動信号  $u_1$  は、ブロック 21 (伝達関数  $g_m$ ) を含む第 1 駆動器 11 において、電圧信号から  $g_m$  倍の電流信号に変換され、駆動電流  $I_a$  を出力する。コイル 6a に駆動電流  $I_a$  が通電されることにより発生する磁界と、前述したマグネット 6b が発生する磁束との相互作用により、ボイスコイルモータ 6 に駆動トルク  $\tau$  が発生する。すなわち、駆動電流  $I_a$  は、ブロック 22 の伝達関数  $K_t$  で駆動トルク  $\tau$  に変換される。ここで、伝達関数  $K_t$  は、ボイスコイルモータ 6 のト

ルク定数を示す。ブロック 23 の伝達関数 ( $Lb/J \cdot s$ ) は、ボイスコイルモータ 6 により発生した駆動トルク  $\tau$  から、磁気ヘッド 2a の移動速度  $v$  への伝達特性を表す。ここで、 $J$  はヘッド支持機構 8 の慣性モーメントを示し、 $Lb$  は回転軸受 5 の回転中心から磁気ヘッド 2a までの距離を示している。ブロック 24 は積分器で、伝達関数は  $1/s$  で表され、磁気ヘッド 2a の移動速度  $v$  から、ボイスコイルモータ 6 が駆動したことによって変化した磁気ヘッド 2a の位置  $x_1$  に変換される。

#### 【0036】

回転軸受 5 における軸受摩擦や、ヘッド支持機構 8 と電子回路基板とを接続するフレキシブルプリント基板の弾性力、あるいは、磁気ディスク装置外部から加わる衝撃や振動によりヘッド支持機構 8 が受ける慣性力などの外乱  $\tau_d$  は、加算器 27 でブロック 23 の前段に入力される形で表現できる。

#### 【0037】

ボイスコイルモータ 6 が駆動することにより、コイル 6a の両端には回転の速度に比例した誘起電圧  $E_a$  が発生する。比例係数を  $K_v$  とすると、 $E_a$  は (式 1) で表現できる。

#### 【0038】

【数 1】

$$E_a = \frac{Lb \cdot K_v}{J \cdot s} (\tau + \tau_d) \dots \dots (式1)$$

#### 【0039】

ブロック 26 および加算器 28 で構成される一点鎖線で囲んだ部分のブロック 44 は、図 1 における電圧検出器 12 に相当する。ブロック 25 から出力される誘起電圧  $E_a$  と、コイル 6a に駆動電流  $I_a$  が通電されることにより発生する電圧降下分  $(R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a$  とを、加算器 28 でそれぞれ加算することにより、電圧検出器 12 は電圧信号  $V_a$  を出力する。すなわち、電圧信号  $V_a$  は次の (式 2) で表される。

#### 【0040】

【数2】

$$V_a = E_a + (R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a \quad \dots \dots (式2)$$

【0041】

ここで、 $R_a$ はコイル6aのコイル抵抗、 $L_a$ はコイル6aのインダクタンスを示す。(数1)および(数2)より、電圧信号 $V_a$ は(式3)のように表現できる。

【0042】

【数3】

$$V_a = \frac{L_b \cdot K_v}{J \cdot s} (\tau + \tau_d) + (R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a \quad \dots \dots (式3)$$

【0043】

また、図2中で、別に一点鎖線で囲んでブロック線図で示した部分のブロック30は、図1における第1推定器13に相当する。このブロック30は、ブロック31、32、33、34、35、36で示す各伝達関数を含んでいる。31～36の各ブロックはそれぞれ略一致した伝達関数を持つブロック21、22、23、24、25、26に対応している。ここで、第1推定器13に相当するブロック30における各定数に付したサフィックス「n」は公称値を示し、サフィックス「est」を付した変数は推定値であることを示す。

【0044】

ブロック21に入力されるボイスコイルモータ駆動信号 $u_1$ は、第1推定器13に相当するブロック30にも入力され、ブロック31とブロック32とで( $g_{m_n} \cdot K_{t_n}$ )倍することにより、ボイスコイルモータ6によって発生した駆動トルク $\tau$ を推定した駆動トルク推定信号 $\tau_{est}$ が得られる。

【0045】

ブロック33からは、速度推定信号 $v_{est}$ が出力される。ブロック34は積分器で、伝達関数は $1/s$ で表され、速度推定信号 $v_{est}$ から、ボイスコイルモータ6が駆動したことによって変化した磁気ヘッド2aの位置を推定した第1のヘ

ッド位置推定信号  $x_{1est}$  に変換される。

#### 【0046】

ブロック 35 で速度推定信号  $v_{est}$  を  $K_{vn}$  倍することにより得られた誘起電圧推定信号  $E_{a_{est}}$  と、コイル 6a に推定駆動電流  $I_{a_{est}}$  が通電されることにより発生する電圧降下分  $(R_{an} + L_{an} \cdot s) \cdot I_{a_{est}}$  とが加算器 38 で加算されて、電圧推定信号  $V_{a_{est}}$  が出力される。電圧推定信号  $V_{a_{est}}$  は、減算器 39 に入力され、実際に電圧検出器 12 によって検出された電圧信号  $V_a$  と比較され、その結果の誤差信号  $\alpha$  ( $= V_a - V_{a_{est}}$ ) が、ブロック 40 で表される乗算器と、ブロック 41 で表される積分器にそれぞれ入力される。ブロック 41 の積分器は、誤差信号  $\alpha$  を積分し、外乱についての外乱推定信号  $\tau_{dest}$  を出力する。ブロック 40 の乗算器は誤差信号  $\alpha$  を  $G_1$  倍して加算器 42 に入力される。加算器 42 は外乱推定信号  $\tau_{dest}$  と、誤差信号  $\alpha$  を  $G_1$  倍した信号を加算して、加算器 37 に入力される。加算器 37 では、ブロック 32 の出力する駆動トルク推定信号  $\tau_{est}$  と、加算器 42 の出力信号とを加算して、結果  $\gamma$  をブロック 33 に出力する。

#### 【0047】

なお、ブロック 40 の係数  $G_1$  と、ブロック 41 の係数  $G_2$  については、第 1 推定器 13 の動作を安定化するための定数であり、その詳細については後述する。

#### 【0048】

図 2 中で、もう 1 箇所の一点鎖線で囲んでブロック線図で示したブロック 50 は、図 1 における外乱補償器 10 に相当する。この外乱補償器 10 に含まれるブロック 51 は、外乱推定信号  $\tau_{dest}$  を  $1 / (g_{mn} \cdot K_{tn})$  倍することにより、ボイスコイルモータ 6 に外乱推定信号  $\tau_{dest}$  に相当する大きさの駆動力を発生させるのに必要な外乱補償信号  $\beta$  を生成する。減算器 52 において、ボイスコイルモータ制御信号  $c_1$  から外乱補償信号  $\beta$  を減算することにより、ボイスコイルモータ駆動信号  $u_1$  が生成される。

#### 【0049】

引き続き、図 2 においてブロック 30 で示した第 1 推定器 13 の動作について、数式を利用して詳しく説明する。まず、ブロック 41 の出力である外乱推定信

号  $\tau_{dest}$  は、(式 4) で表される。

【0 0 5 0】

【数 4】

$$\tau_{dest} = \frac{G_2}{s} \cdot (Va - Va_{est}) \quad \dots \quad (式4)$$

【0 0 5 1】

加算器 3 7 の出力  $\gamma$  は (式 5) で表される。

【0 0 5 2】

【数 5】

$$\gamma = \tau_{est} + \left( G_1 + \frac{G_2}{s} \right) \cdot (Va - Va_{est}) \quad \dots \quad (式5)$$

【0 0 5 3】

電圧推定信号  $Va_{est}$  は (式 6) で表される。

【0 0 5 4】

【数 6】

$$Va_{est} = Ea_{est} + (Ra_n + La_n \cdot s) \cdot Ia_{est} \quad \dots \quad (式6)$$

【0 0 5 5】

誘起電圧推定信号  $Ea_{est}$  は (式 7) で表される。

【0 0 5 6】

【数 7】

$$Ea_{est} = \frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n \cdot s} \cdot \gamma \quad \dots \quad (式7)$$

【0 0 5 7】

(式 5) および (式 7) より、(式 6) は (式 8) に変形できる。

【0 0 5 8】

【数 8】

$$Va_{est} = \frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n \cdot s} \left[ \tau_{est} + \left( G_1 + \frac{G_2}{s} \right) \cdot (Va - Va_{est}) \right] + (Ra_n + La_n \cdot s) \cdot Ia_{est} \quad \dots \dots (式8)$$

【0059】

説明を簡単にするために、第1駆動器11に相当する図2におけるブロック21の伝達関数 $g_m$ とブロック31の伝達関数 $g_{m_n}$ の値が等しいものとする。これにより、駆動電流 $I_a$ と推定駆動電流 $I_{a_{est}}$ が等しくなる。さらに、ブロック26の $R_a$ と $L_a$ およびブロック36の $R_{a_n}$ と $L_{a_n}$ がそれぞれ等しいものとする。すると、コイル6aに駆動電流 $I_a$ が通電されたときの電圧降下分 $(R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a$ と、推定駆動電流 $I_{a_{est}}$ が通電されたときの電圧降下分 $(R_{a_n} + L_{a_n} \cdot s) \cdot I_{a_{est}}$ が等しくなる。すなわち、次に示す(式9)の関係が成立する。

【0060】

【数 9】

$$(Ra + La \cdot s) \cdot Ia = (Ra_n + La_n \cdot s) \cdot Ia_{est} \quad \dots \dots (式9)$$

【0061】

さらに、次に示す(式10)の関係から、

【0062】

【数 10】

$$\frac{Lb \cdot Kv}{J} = \frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n} \quad \dots \dots (式10)$$

【0063】

(式3)の左辺および右辺のそれぞれから(式8)の左辺および右辺をそれぞれ引き算し、(式9)および(式10)を用いると、(式11)が得られる。

【0064】

【数 1 1】

$$Va - Va_{est} = \frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n \cdot s} \left[ \tau + \tau_d - \tau_{est} - \left( G_1 + \frac{G_2}{s} \right) \cdot (Va - Va_{est}) \right]$$

.....(式11)

【0065】

駆動トルク推定信号  $\tau_{est}$  はボイスコイルモータ 6 の駆動トルク  $\tau$  を推定したものであり、これらが等しいとすると、(式 1 1) は (式 1 2) に書き換えられる。

【0066】

【数 1 2】

$$Va - Va_{est} = \frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n \cdot s} \left[ \tau_d - \left( G_1 + \frac{G_2}{s} \right) \cdot (Va - Va_{est}) \right]$$

.....(式12)

【0067】

(式 4) を用いて (式 1 2) を変形することにより、ヘッド支持機構 8 に作用する外乱  $\tau_d$  と外乱推定信号  $\tau_{dest}$  との関係を導くことができ、(式 1 3) を得る。

【0068】

【数 1 3】

$$\tau_{dest} = \frac{\frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n} G_2}{s^2 + \frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n} G_1 \cdot s + \frac{Lb_n \cdot Kv_n}{J_n} G_2} \cdot \tau_d \quad \dots\dots(式13)$$

【0069】

(式 1 3) より、第 1 推定器 1 3 は、図 2 中で一点鎖線で囲んだブロック 3 0 内のループによって、ボイスコイルモータ駆動信号  $u_1$  と電圧信号  $Va$  とから、

実際の外乱  $\tau_d$  を 2 次遅れ系で推定できることがわかる。

【0070】

ここで、2 次遅れ系の自然角周波数（推定角周波数）を  $\omega_e$ 、ダンピングファクタを  $\zeta$  とし、第一推定器 13 の動作を安定化する定数  $G_1$  および  $G_2$  をそれぞれ下記の（式 14）および（式 15）で表すと、

【0071】

【数 14】

$$G_1 = 2\zeta\omega_e \cdot \frac{J_n}{Lb_n \cdot Kv_n} \quad \dots\dots (式14)$$

【0072】

【数 15】

$$G_2 = \omega_e^2 \cdot \frac{J_n}{Lb_n \cdot Kv_n} \quad \dots\dots (式15)$$

【0073】

（式 13）は（式 16）で表現できる。

【0074】

【数 16】

$$\tau_{dest} = \frac{\omega_e^2}{s^2 + 2\zeta\omega_e \cdot s + \omega_e^2} \cdot \tau_d \quad \dots\dots (式16)$$

【0075】

図 2 中で一点鎖線で囲んでブロック線図で示したブロック 50 は、外乱補償器 10 に相当していることは既に述べた。このブロック 50 中のブロック 51 は、外乱推定信号  $\tau_{dest}$  を  $1 / (gm_n \cdot Kt_n)$  倍した外乱補正信号  $\beta$  を減算器 52 へ出力する。減算器 52 は、ボイスコイルモータ制御信号  $c_1$  から、外乱補正信号  $\beta$  を減算して、ボイスコイルモータ駆動信号  $u_1$  を生成する。外乱補正信号  $\beta$  は、ボイスコイルモータ 6 に外乱推定信号  $\tau_{dest}$  に相当する大きさの駆動力を発



生させるのに必要な補正信号である。補正信号  $\beta$  は、ブロック 21 およびブロック 22 において  $(gm \cdot Kt)$  倍されることから、大きさを合わせるために前もって外乱推定信号  $\tau_{dest}$  を  $1 / (gm_n \cdot Kt_n)$  倍する。

【0076】

ボイスコイルモータ駆動信号  $u_1$  は、(式 17) で表される。

【0077】

【数 17】

$$u_1 = c_1 - \frac{1}{gm_n \cdot Kt_n} \cdot \tau_{dest} \quad \dots \quad (式17)$$

【0078】

加算器 27 の出力は (式 18) で表される。

【0079】

【数 18】

$$gm \cdot Kt \cdot u_1 + \tau_d \quad \dots \quad (式18)$$

【0080】

$gm$  と  $gm_n$ 、 $Kt$  と  $Kt_n$  がそれぞれ等しいとし、(式 16) および (式 17) を用いると、(式 18) は (式 19) で表現できる。

【0081】

【数 19】

$$gm \cdot Kt \cdot c_1 + \frac{s^2 + 2\xi\omega_e \cdot s}{s^2 + 2\xi\omega_e \cdot s + \omega_e^2} \cdot \tau_d \quad \dots \quad (式19)$$

【0082】

(式 19) により、図 2 のブロック線図は図 3 (a) のように、伝達関数  $G_d$  を用いて、簡略化して表現することができる。

【0083】

ここで、伝達関数  $G_d$  を (式 20) のように置く。

【0084】

【数20】

$$Gd(s) = \frac{s^2 + 2\zeta\omega_e \cdot s}{s^2 + 2\zeta\omega_e \cdot s + \omega_e^2} \quad \dots \quad (式20)$$

【0085】

図3(b)は、伝達関数 $Gd(s)$ の周波数特性を折れ線近似で示したものである。角周波数 $\omega_e$ よりも低い角周波数においては、ゲインは0dB以下であり、角周波数 $\omega$ の下降に伴って、 $-20\text{dB}/\text{dec}$ (ディケード)の減衰比で減衰している。decは10倍を意味する。すなわち、伝達関数 $Gd(s)$ は、角周波数 $\omega_e$ よりも低い角周波数を抑制することができる低域遮断フィルタ特性を有している。

【0086】

以上説明したように、本発明の実施の形態においては、第1推定器13によってヘッド支持機構8に作用する外乱 $\tau_d$ を推定し、外乱推定信号 $\tau_{dest}$ でもって外乱 $\tau_d$ を打ち消すように構成されている。すなわち、外乱 $\tau_d$ が、あたかも低域遮断フィルタである伝達関数 $Gd(s)$ を通して作用する。従って、ヘッド支持機構8に作用する外乱を抑制して、安定したヘッド位置決め制御を実現することができる。

【0087】

図4は、本実施の形態の磁気ディスク装置における位置制御系の構成のうち、第2駆動器14、第2推定器15、加算器16、位置誤差検出器17、第1制御器18、第2制御器19の各要素を合わせて説明するブロック線図である。

【0088】

図4においてブロック81(伝達関数 $A_p$ )で表される第2駆動器14は、第2制御器19から出力される微動アクチュエータ制御信号 $c_2$ を $A_p$ 倍して、微動アクチュエータ7の駆動電圧信号 $V_p$ を出力する。

【0089】

また、ブロック82(伝達関数 $K_p$ )で表される第2推定器15は、微動アク

チュエータ 7 に駆動電圧信号  $V_p$  が印加されたときの磁気ヘッド 2 a の変位量を推定して、変位推定信号  $x_{2est}$  を出力する。本実施の形態においては、微動アクチュエータ 7 を薄膜圧電体で構成することから、駆動電圧信号  $V_p$  と、これを微動アクチュエータ 7 に印加したときの磁気ヘッド 2 a の変位は略比例すると考える。従って、第 2 制御器 19 から出力される微動アクチュエータ制御信号  $c_2$  を  $K_p$  倍して、変位推定信号  $x_{2est}$  を生成する。

#### 【0090】

図 4 中に示した加算器 90 は、図 1 における加算器 16 に相当する。この加算器 90 は、第 1 推定器において出力された第 1 のヘッド位置推定信号  $x_{1est}$  と、第 2 推定器において出力された変位推定信号  $x_{2est}$  とを加算して、第 2 のヘッド位置推定信号  $x_{est}$  を出力する。

#### 【0091】

図 4 中の上部に、一点鎖線で囲んでブロック線図で示したブロック 60 は、図 1 における位置誤差検出器 17 に相当する。この位置誤差検出器 17 は、スイッチ 61 と減算器 62 より構成されている。スイッチ 61 の端子 A には、磁気ディスク 1 にあらかじめ一定角度間隔で記録されたサーボ情報を磁気ヘッド 2 a が読み取ることで検出した磁気ヘッド 2 a の位置信号  $x$  が入力される。一方、スイッチ 61 の端子 B には、加算器 90 より出力された第 2 のヘッド位置推定信号  $x_{est}$  が入力される。減算器 62 によって、磁気ヘッド 2 a の目標位置信号  $r$  から、位置信号  $x$  あるいは第 2 のヘッド位置推定信号  $x_{est}$  が減算されて、位置誤差信号  $e$  が生成される。

#### 【0092】

図 4 の中央下部に、一点鎖線で囲んでブロック線図で示したブロック 70 は、図 1 における第 1 制御器 18 に相当する。加算器 72 において位置誤差信号  $e$  と変位推定信号  $x_{2est}$  を加算した信号が、ブロック 71 に入力される。ブロック 71 では、伝達関数  $G_1(z)$  のデジタルフィルタ処理が施され、ボイスコイルモータ制御信号  $c_1$  を生成する。伝達関数  $G_1(z)$  は (式 21) で表現される。

#### 【0093】

【数 2 1】

$$G_1(z) = K_1 \left[ 1 + h_1(1 - z^{-1}) + L_1 \frac{z^{-1}}{1 - z^{-1}} \right] \quad \dots \quad (式21)$$

【0094】

ここで、 $z^{-1}$ は1サンプル遅延を示し、 $K_1$ は比例ゲインを示す。係数 $h_1$ 、 $L_1$ は周波数特性を表す定数を示し、係数 $h_1$ は微分係数、係数 $L_1$ は積分係数である。

【0095】

また、ブロック80で表される第2制御器19は、第1制御器18と同様に、位置誤差信号 $e$ に伝達関数 $G_2(z)$ のデジタルフィルタ処理を施し、微動アクチュエータ制御信号 $c_2$ を出力する。伝達関数 $G_2(z)$ は(式22)で表現される。

【0096】

【数 2 2】

$$G_2(z) = K_2 \left[ \frac{z^{-1}}{1 - z^{-1}} \right] \quad \dots \quad (式22)$$

【0097】

ここで、 $K_2$ は比例ゲインを示す。

【0098】

図5は、位置誤差検出器17から位置誤差信号 $e$ を生成する際の、スイッチ61の動作の一例を示す模式図である。図5(a)は、磁気ディスク1に記録されているサーボ情報を一定のサンプリング周期で磁気ヘッド2aが読み取り、位置信号 $x$ を生成するタイミングを示すチャートであり、黒四角で示す時刻において、位置信号 $x$ が生成されていることを示す。図5(b)は、スイッチ61が端子Aあるいは端子Bに接続されている時刻を示すチャートである。サーボ情報をサンプリングできる時刻においては、これを磁気ヘッド2aが読み取って位置信号 $x$ を生成できるので、スイッチ61を端子Aに接続して、位置誤差信号 $e$ を生成

する。一方、サーボ情報をサンプリングできない時刻においては、位置信号  $x$  を生成できないので、スイッチ 61 を端子 B に接続して、第 2 のヘッド位置推定信号  $x_{est}$  を用いて位置誤差信号  $e$  を生成する。図 5 に示す例では、端子 A と端子 B の切り換え周期は、サーボ情報のサンプリング周期の  $1/2$  になっている。すなわち、サーボ情報のサンプリング周期の  $1/2$  で、位置誤差信号  $e$  を生成することができる。

#### 【0099】

上述したように、第 1 のヘッド位置推定信号  $x_{1est}$  は、第 1 推定器 13 において、磁気ヘッド 2a の速度推定信号  $v_{est}$  を積分したものである。これは、ボイスコイルモータ 6 が駆動したことにより変化した磁気ヘッド 2a の位置を推定したものになる。ある時刻  $t_0$  において、サーボ情報を検出して正確に磁気ヘッド 2a の位置  $x_0$  が得られているとする。時刻  $t_0 + \Delta t$  における第 1 のヘッド位置推定信号  $x_{1est}$  は、ヘッド速度推定信号  $v_{est}$  を用いて (式 23) で表される。

#### 【0100】

#### 【数 23】

$$x_{1est}(t_0 + \Delta t) = x_0 + \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} v_{est} dt \quad \dots (式23)$$

#### 【0101】

ここで、 $\Delta t$  をスイッチ 61 の端子 A と端子 B の切り換え周期とすれば、第 1 のヘッド位置推定信号  $x_{1est}$  を生成する際に、サーボ情報をサンプリングして検出した正確かつ最新の磁気ヘッド位置 (すなわち  $x_0$ ) を参照して、逐次補正をすることができ、常に正確な  $x_{1est}$  を生成することが可能となる。

#### 【0102】

また、微動アクチュエータ 7 の変位推定信号  $x_{2est}$  は、第 2 推定器 15 において、微動アクチュエータ 7 を駆動するのに必要な第 2 の制御信号となる微動アクチュエータ制御信号  $c_2$  に伝達関数  $K_p$  を乗ずることにより生成される。これは、微動アクチュエータ 7 を構成する薄膜圧電体が、印加電圧に略比例した変位を有するという特徴を利用している。

## 【0103】

従って、第1のヘッド位置推定信号  $x_{1est}$  と変位推定信号  $x_{2est}$  を加算器 90 によって加算して生成した第2のヘッド位置推定信号  $x_{est}$  は、磁気ヘッド 2a の位置を正確に推定したものであり、スイッチ 61 を端子 B に接続した際においても、正確な位置誤差信号  $e$  を生成することが可能である。

## 【0104】

ボイスコイルモータ制御信号  $c_1$ 、微動アクチュエータ制御信号  $c_2$  は、第1制御器 18、第2制御器 19 によって、位置誤差信号  $e$  からそれぞれ生成される。図5に示した例においては、位置誤差信号  $e$  が磁気ディスク 1 に記録されたサーボ情報のサンプリング周期の  $1/2$  で生成されるので、 $c_1$  および  $c_2$  においても、サーボ情報のサンプリング周期の  $1/2$  で生成される。図5(c)は  $c_1$  および  $c_2$  が生成されるタイミングを示すチャートである。□で示す時刻において、 $c_1$  および  $c_2$  が生成されていることを示す。

## 【0105】

このように、本発明の実施の形態においては、サーボ情報が磁気ヘッド 2a によって読み取ってヘッド位置信号  $x$  を検出し得ない時刻においては、磁気ヘッド 2a の位置を推定した第2のヘッド位置推定信号  $x_{est}$  を用いて位置誤差信号  $e$  を生成する。従って、サーボセクタ数を増やしてデータフォーマット効率を低下させることなく、位置誤差信号  $e$  の生成周期を短くすることができ、位置決め制御系の制御周波数を高く設定することが可能になる。結果として、磁気ヘッドの高精度な位置決めが実現でき、信頼性の高い磁気ディスク装置を提供することができる。

## 【0106】

なお、第2のヘッド位置推定信号  $x_{est}$  は、第1推定器 13 から生成した第1のヘッド位置推定信号  $x_{1est}$  と、第2推定器 15 から生成した変位推定信号  $x_{2est}$  とを加算したものである。第1推定器 13 は、ボイスコイルモータ駆動信号  $u_1$  と電圧検出器 12 より検出した電圧信号  $V_a$  より、第1のヘッド位置推定信号  $x_{1est}$  を生成している。第2推定器 15 は、微動アクチュエータ制御信号  $c_2$  より、変位推定信号  $x_{2est}$  を生成している。これらの信号は基本的にサーボ情報の

サンプリング周期とは関係なく生成することができる。従って、図 5 に示した例のように、位置誤差信号  $e$  の生成周期は、サーボ情報のサンプリング周期の  $1/2$  に限定されるものではなく、より短い周期で生成することも可能である。

#### 【0107】

さらに、本実施の形態においては、第 1 推定器 13、外乱補償器 10 における乗算器、加算器、減算器、積分器はアナログ・フィルタによって構成する例で説明したが、本発明はこの例に限定されるものではなく、デジタルフィルタで構成しても同様の効果が得られることは言うまでもない。また、本実施の形態では磁気ディスク装置を例に説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、光ディスク装置や光磁気ディスク装置などにも応用が可能であることは当然のことである。

#### 【0108】

##### 【発明の効果】

以上のように本発明は、サーボ情報がサンプリングされない時刻においてヘッドの位置推定信号に基づいて位置誤差信号を生成し、ボイスコイルモータおよび微動アクチュエータを制御するように構成したヘッド位置決め制御方法およびその制御方法を用いたディスク装置である。このような構成とすることによって、サーボ情報のサンプリング周期に無関係に位置誤差信号を生成することができ、サーボセクタ数を増やしてデータフォーマット効率を低下させることなく、ヘッド位置決め制御系の制御周波数を高く設定することが可能になる。さらに、ヘッドの位置推定信号を生成すると同時に、回転軸受における摩擦やフレキシブルプリント基板の弾性力、ディスク装置に加わる衝撃や振動など、ヘッド支持機構に作用する外乱を推定して外乱を補償するように構成されているので、外乱によるトラックズレを抑制することができる。結果として、ヘッドの位置決め制御を安定かつ高精度に行うことができ、信頼性の高いディスク装置を提供することが可能になるという大きな効果を有する。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の実施の形態における磁気ディスク装置の主要部の構成を示すブロック

図

【図 2】

本発明の実施の形態における位置決め制御系の一部構成を示すブロック線図

【図 3】

(a) は本発明の実施の形態における外乱抑制の動作を説明するためのブロック線図

(b) は本発明の実施の形態における外乱に対する遮断周波数特性図

【図 4】

本発明の実施の形態における位置決め制御系の別の部分の構成を示すブロック線図

【図 5】

本発明の実施の形態における位置誤差検出器の動作の一例を示す模式図

(a) はサーボ情報のサンプリング時刻を示すタイミングチャート

(b) は位置誤差検出器におけるスイッチの動作を示すタイミングチャート

(c) は制御信号の生成時刻を示すタイミングチャート

【図 6】

本発明の実施の形態における微動アクチュエータを備えるサスペンション部の構成を示す斜視図

【図 7】

本発明の実施の形態におけるサスペンション部のスライダ取付部を拡大して示す組立て斜視図

【図 8】

薄膜圧電体で構成された本発明の実施の形態における微動アクチュエータの動作説明図

【図 9】

従来のヘッド支持機構の構成の一例を示す平面図

【符号の説明】

1, 101 磁気ディスク

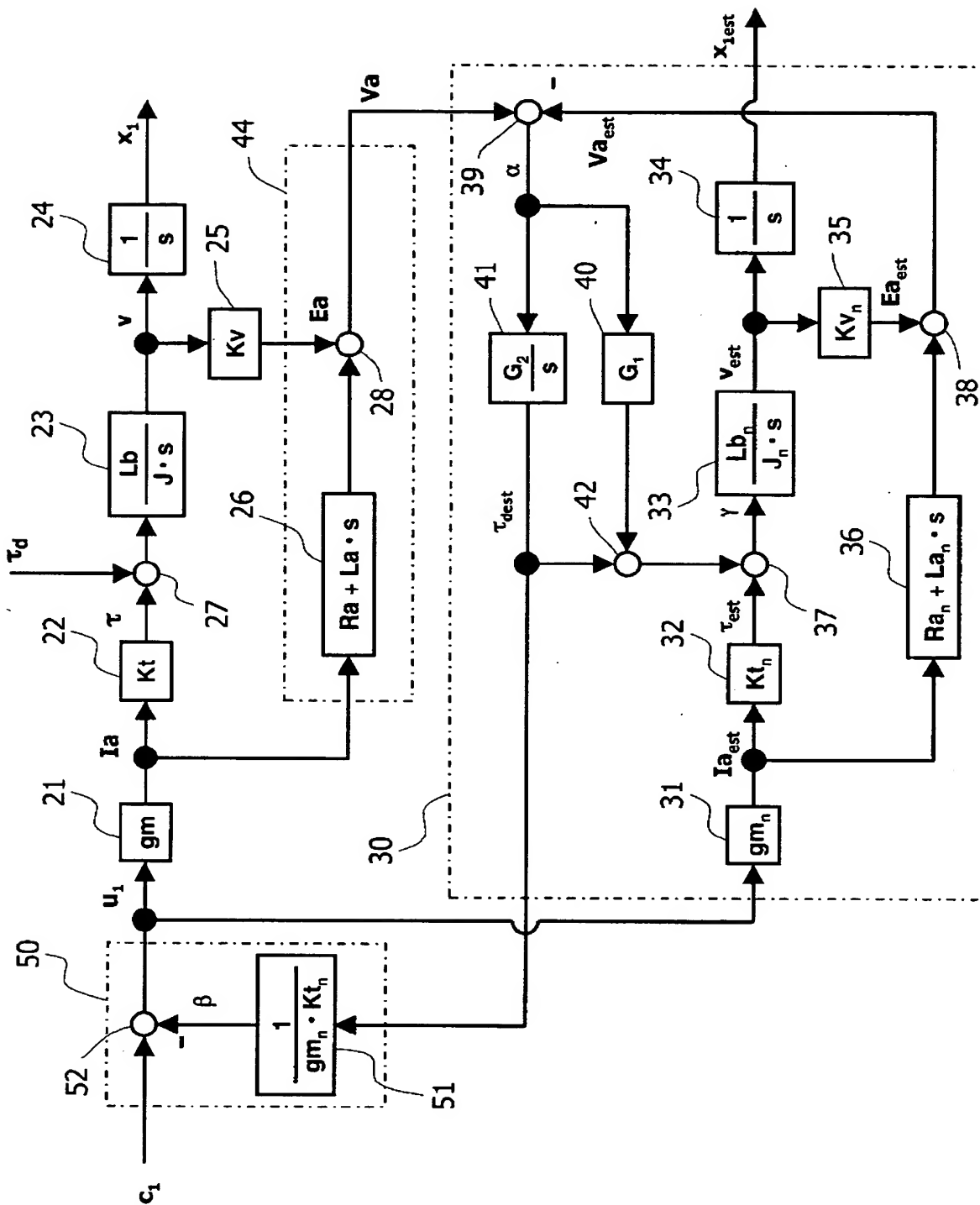
2 スライダ



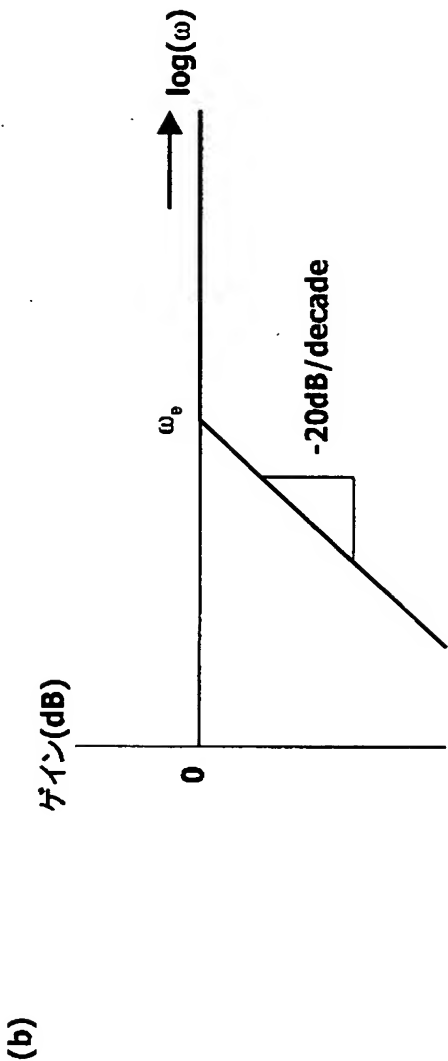
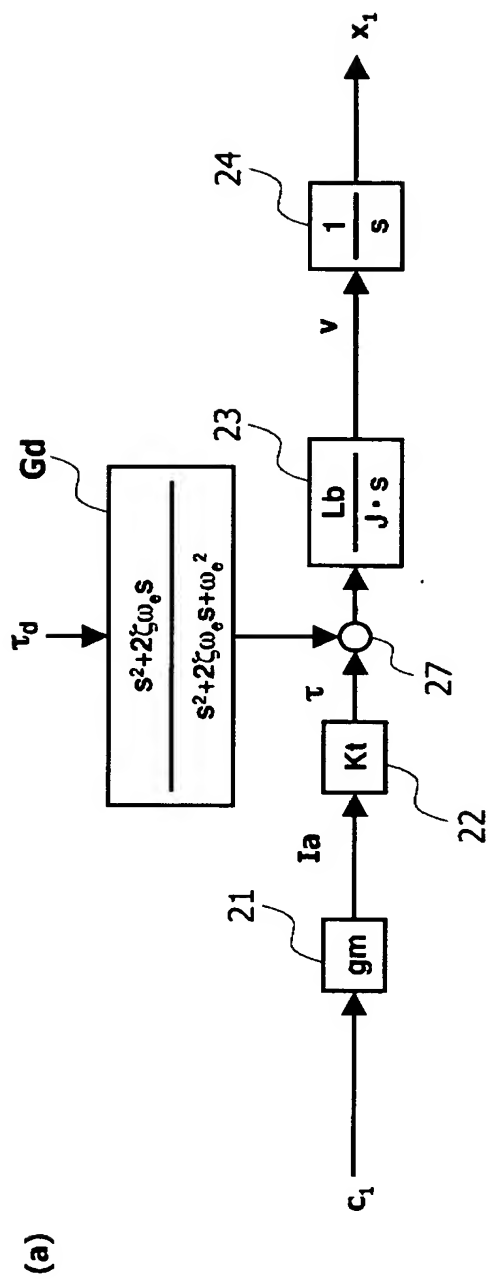
- 2 a, 1 0 2 磁気ヘッド
- 3, 1 0 3 サスペンションアーム
- 3 a 基端部
- 3 b フレクシャ基板
- 3 c フレクシャ
- 3 d スライダ保持基板
- 3 e 突起部
- 3 f, 3 g 弾性ヒンジ部
- 4, 1 0 4 キャリッジ
- 5, 1 0 5 回転軸受
- 6 ボイスコイルモータ (VCM)
- 6 a, 1 0 6 コイル
- 6 b, 1 0 7 マグネット
- 7 微動アクチュエータ
- 7 a, 7 b 薄膜圧電体
- 8 ヘッド支持機構
- 9 サスペンション
- 1 0 外乱補償器
- 1 1 第 1 駆動器
- 1 2 電圧検出器
- 1 3 第 1 推定器
- 1 4 第 2 駆動器
- 1 5 第 2 推定器
- 1 6, 2 7, 2 8, 3 7, 3 8, 4 2, 7 2, 9 0 加算器
- 1 7 位置誤差検出器
- 1 8 第 1 制御器
- 1 9 第 2 制御器
- 3 9, 5 2, 6 2 減算器
- 6 1 スイッチ



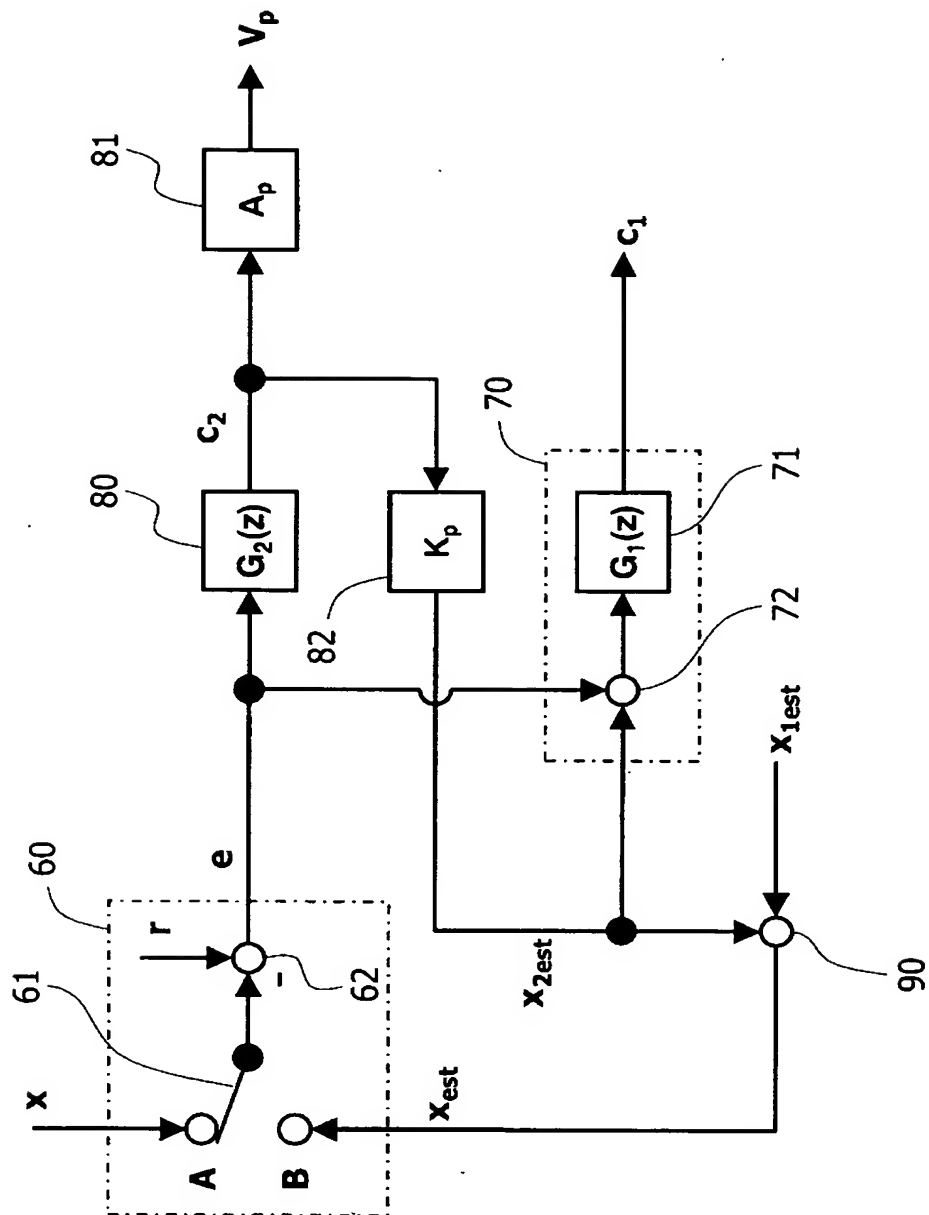
【図 2】



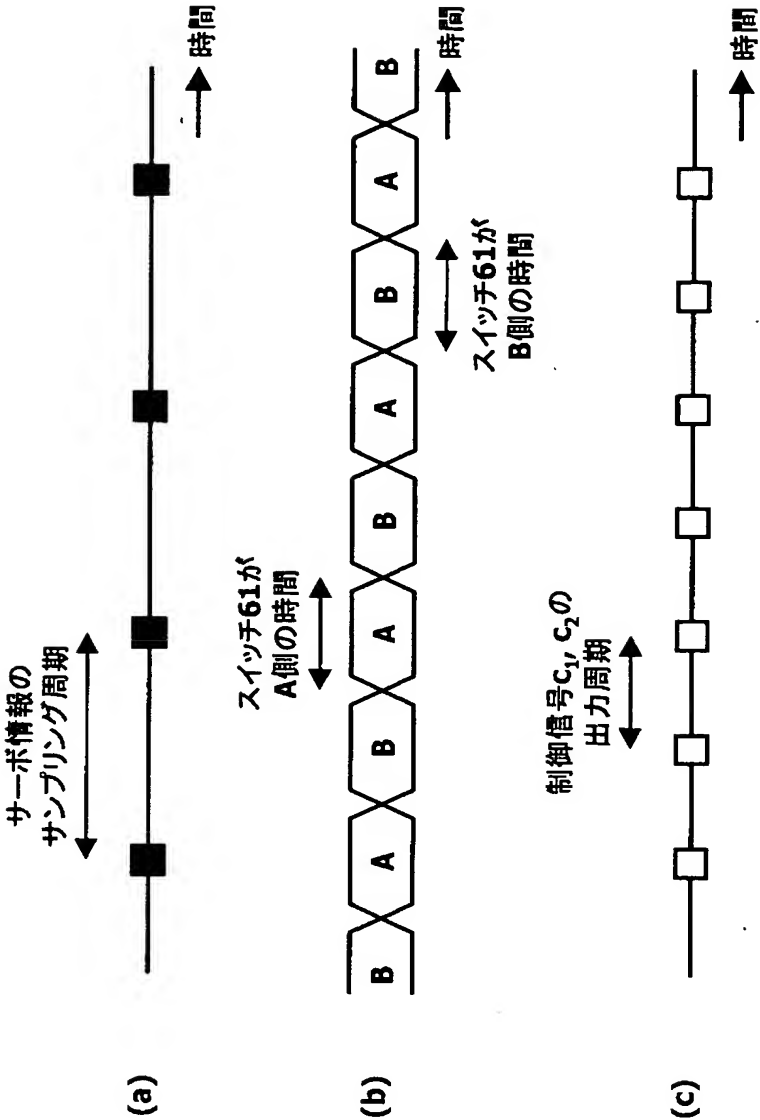
【図 3】



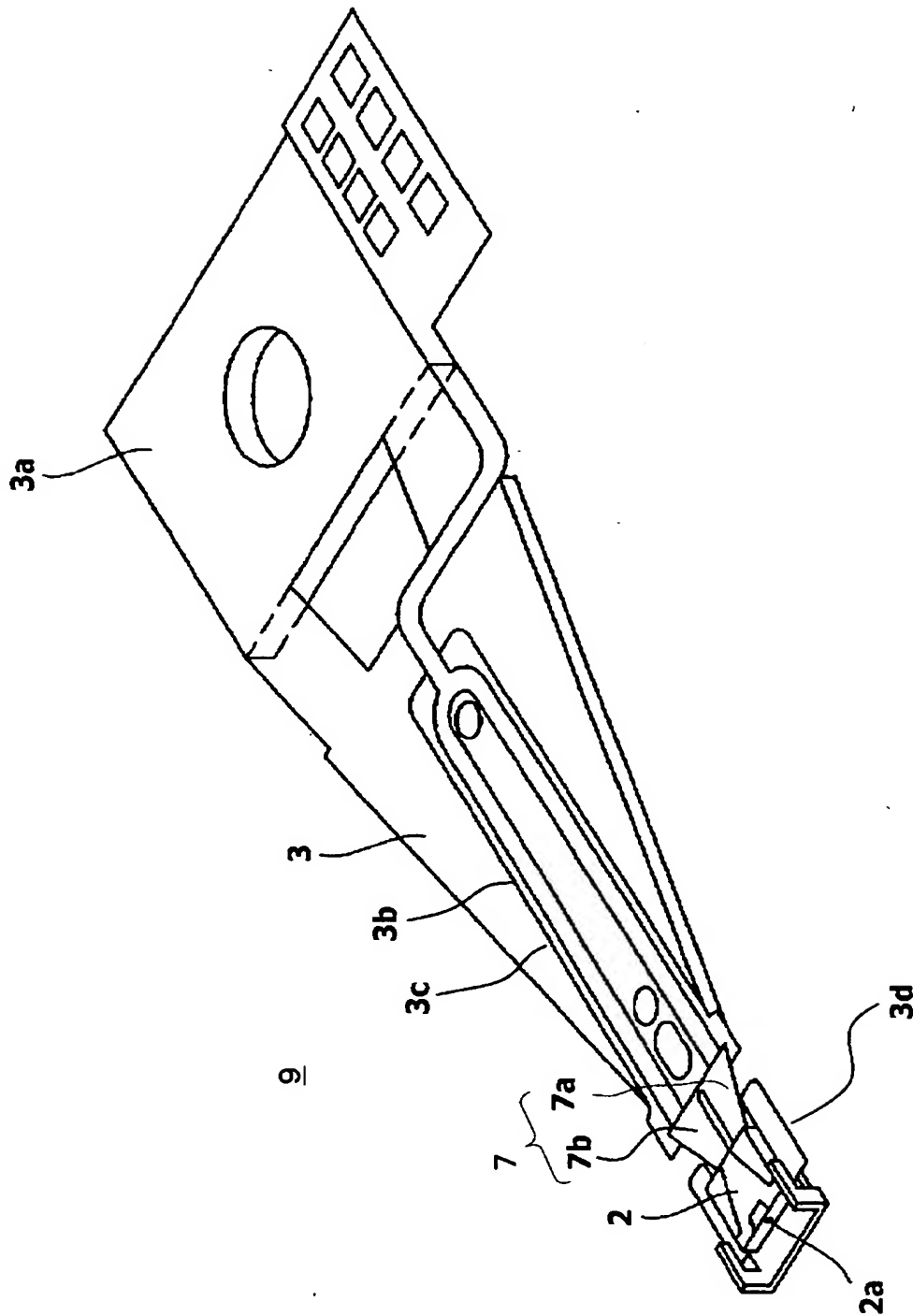
【図 4】



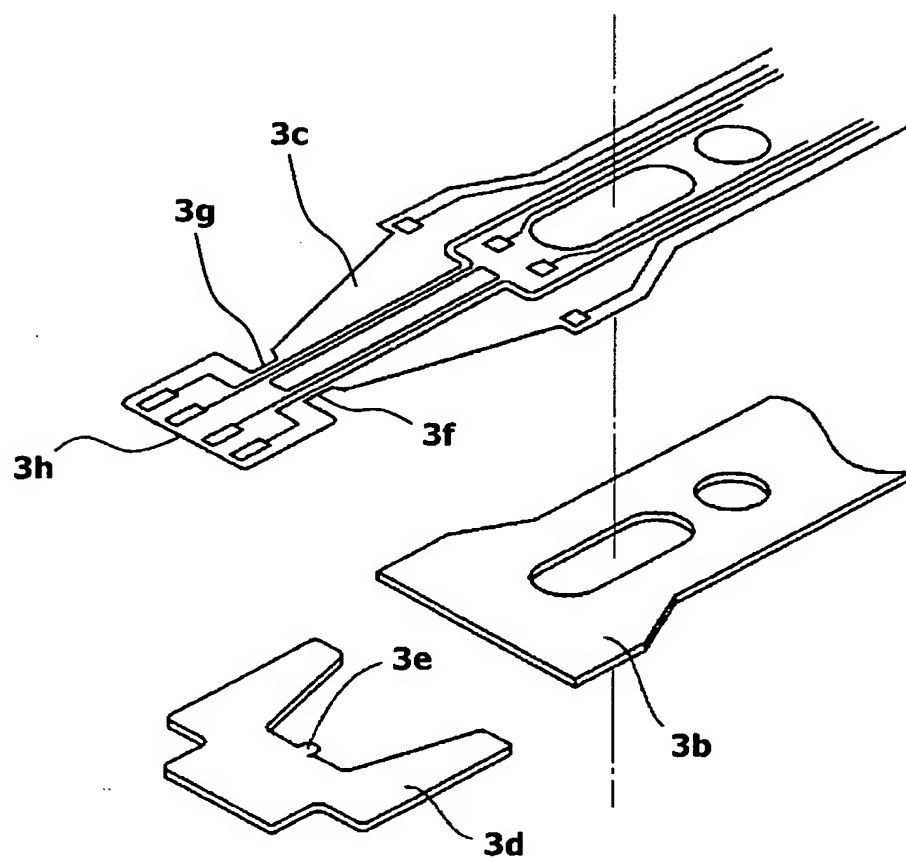
【図 5】



【図 6】

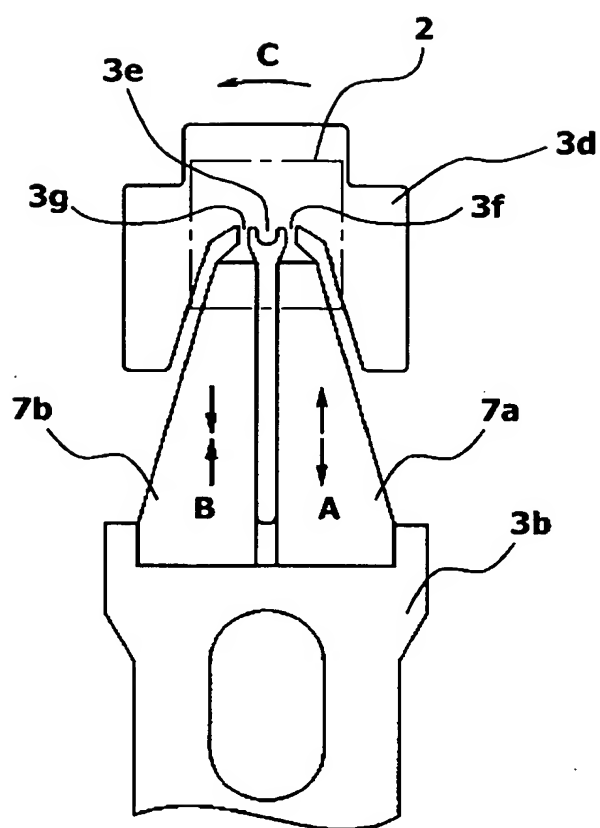


【図 7】

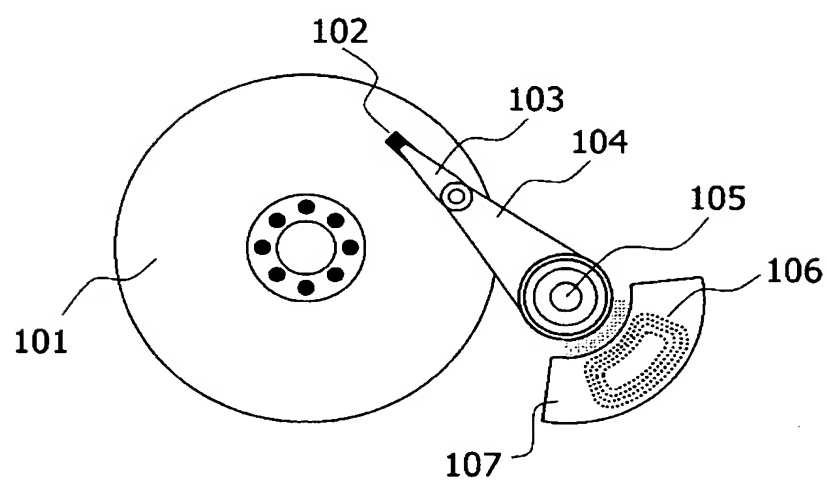




【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 2 段アクチュエータ構成のヘッド位置決め制御において、制御周波数を高く設定でき、外乱を補償して、高精度に位置決めを行う方法を提供する。

【解決手段】 VCM 6 と微動アクチュエータ 7 によるヘッド位置決め制御において、第 1 推定器 1 3 は、VCM 駆動信号と VCM 6 からの電圧信号とから、ヘッドの位置を推定して、第 1 のヘッド位置推定信号を出力するとともに、ヘッド支持機構 8 に作用する外乱を推定して外乱推定信号を出力する。第 2 推定器 1 5 が微動アクチュエータの制御信号からヘッドの変位を推定して変位推定信号を出力し、第 1 のヘッド位置推定信号と変位推定信号を加算して、第 2 のヘッド位置推定信号を得る。位置誤差信号が、サーボ情報を検出して得たヘッド位置信号、または第 2 のヘッド位置推定信号を用いて生成され、外乱補償器 1 0 で VCM 制御信号と外乱推定信号を合成して、VCM 駆動信号を生成する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 1 2 4 4 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社